

## **Carreteras y ferrocarril: estimaciones preliminares del crecimiento urbano mediante SIG.**

Mireia HERNÁNDEZ ASENSI

*Universitat Politècnica de Catalunya*

Eduard Josep ÁLVAREZ PALAU

*Univeristy of Cambridge*

Jorge SOLANAS JIMÉNEZ

*Departamento de Geografía y Sociología. Universitat de Lleida*

Jordi MARTÍ-HENNEBERG

*Departamento de Geografía y Sociología. Universitat de Lleida*

### **Resumen**

La irrupción de las infraestructuras de transporte en la ciudad le proporcionó una nueva capacidad de expansión, propiciando cambios en su morfología y provocando nuevas transformaciones del territorio. El presente trabajo se ha planteado con la finalidad de cuantificar espacio-temporalmente el crecimiento inducido por el ferrocarril y la carretera mediante indicadores SIG y así poder determinar qué infraestructura tuvo un mayor poder de atracción sobre el crecimiento de la ciudad en cada etapa. Para ello se han creado bases de datos georreferenciadas combinando la localización de la estación, el trazado férreo, el trazado de las carreteras y la evolución histórica de la trama urbana de 17 ciudades catalanas entre 1850 y 2010. Posteriormente se ha calculado la distancia de cada polígono de crecimiento a cada una de las infraestructuras de transporte. Este análisis nos ha permitido demostrar que cada infraestructura fue determinante en un periodo de tiempo específico, validando las hipótesis planteadas y aportando una nueva metodología para la proyección de las redes de transporte.

**Palabras clave:** *ferrocarril, carretera, ciudad, cartografía, SIG, crecimiento urbano.*

## **Abstract**

The emergence of transport infrastructures in the city strengthened the potential of growth, promoting changes in its morphology and causing huge transformations in their surroundings. The current paper focuses on the measurement of the spatial and temporal growth in relation to urban infrastructures, in particular railways and roads. An historical GIS has been created for this purpose and has been used in order to detect which infrastructures had more influence to attract urban growth in each period of time. The abovementioned GIS includes georeferenced data for 17 Catalan cities, between 1850 and 2010. In particular, it contains the evolution of their urban footprints, the routing of each road and railway infrastructure and the location of each station. The evolution of the urban growth has been interpolated using polygons with equal characteristics, and it allows to quantify the growth but also to estimate the distance from each feature to the nearest infrastructure. This analysis highlights which infrastructure has been more decisive in each period, confirming the initial hypothesis and providing a new methodology to understand the territorial effects of transportation networks.

**Keywords:** *railway; road; city; cartography; GIS and urban growth.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia de las redes de infraestructuras en el planeamiento de la ciudad empezó a tomar importancia durante la Revolución Industrial. La aparición de innovaciones tecnológicas revolucionó el sistema productivo, intensificando la actividad fabril y provocando cambios sustanciales en la morfología. Las grandes migraciones de población del campo a la ciudad que se produjeron durante esta etapa provocaron el desbordamiento de la ciudad amurallada y, con ello, un nuevo paradigma urbano. Por primera vez las leyes del trazado geométrico tomarían importancia en el planeamiento de la ciudad, mostrando su potencial organizador.

A la aparición de los servicios urbanísticos y sus técnicas de estiramiento se le sumaron la aparición de nuevas infraestructuras de transporte que permitían la colonización de nuevos espacios urbanos más allá de los límites convencionales de la ciudad. La introducción del ferrocarril permitió el transporte de grandes cantidades de mercancías con velocidades altas, reduciendo los tiempos de tiempos de desplazamiento entre el territorio, sobre todo a nivel regional, además de beneficiar a los terrenos urbanos circundantes a la estación, dotándolos de una mayor accesibilidad. Con la aparición del automóvil hubo un cambio en el paradigma de la movilidad, pues los desplazamientos se individualizaron y se facilitaron las relaciones con independencia del origen y destino. Herce [2012] señala cómo el coche y la electricidad en corriente alterna eran las infraestructuras que la ciudad precisaba para consolidar su definitivo estallido, dando lugar a la ciudad difusa.

La ciudad estallada ha dado lugar a un territorio anisótropo, donde «la construcción de nuevas redes de infraestructuras ha agudizado las diferencias espaciales» [Herce, 2012:2]. Mattos [2001] señala que se ha ido estructurando una nueva geografía de cobertura mundial marcada por nuevas centralidades (...) y todo ello ha redundado en que en su crecimiento, las respectivas manchas urbanas tiendan a encaminarse hacia una dinámica de metropolización expandida, en la que progresivamente van ocupando los pueblos y áreas rurales que encuentran a su paso, desbordando una y otra vez sus límites anteriores.

Son varios los autores que han estudiado la influencia de las infraestructuras de transporte sobre el crecimiento de la ciudad, reforzando la idea que a mayor accesibilidad mayor capacidad de generar nuevas centralidades urbanas.

Bajo este paradigma, el caso que nos atañe aborda las infraestructuras viaria y el ferrocarril, las más antiguas a nivel de transporte urbano. Desde el siglo XIV el ferrocarril ha

formado parte de las ciudades y, por tanto, su papel en el crecimiento de las mismas no puede pasar desapercibido. Este modo de transporte fue el primero en alterar la morfología de la ciudad, propiciando la aparición de los primeros núcleos de urbanización dispersos entorno a las estaciones. Por otro lado, la infraestructura viaria o las carreteras, han tenido un papel importante en el crecimiento de la ciudad desde la aparición del automóvil, dando lugar a un nuevo paradigma urbano caracterizado por la dispersión de los asentamientos urbanos en el territorio.

El presente trabajo propone analizar el crecimiento urbano inducido por la carretera y el ferrocarril en 17 ciudades catalanas a partir del análisis de tres variables: infraestructura, trama urbana y usos del suelo. Para ello se parte del estudio realizado por Solanas et al. [2015] en la publicación «Estación Ferroviaria y ciudades intermedias: lectura geo-espacial del crecimiento urbano mediante indicadores SIG vectorial. El caso de Catalunya», que aporta una metodología de cálculo espacial que permite cuantificar la evolución histórica de la trama urbana de las ciudades en relación al ferrocarril. En base a ésta se desarrolla una nueva metodología y se aplica nuevamente sobre las 17 ciudades objeto de aquella publicación, introduciendo la carretera como nueva variable y cuantificando el crecimiento urbano inducido por cada una de las infraestructuras (ferrocarril y carretera). El objetivo es poder cuantificar la influencia que ha tenido cada modo transporte sobre el crecimiento de la ciudad.

## **2. ANTECEDENTES**

La ruptura de la ciudad continua a finales del siglo XIX dio paso a la ciudad fragmentada y con ello a un nuevo entendimiento del territorio urbano. En 1970 Lewis apuntaba que «la forma de la ciudad, o mejor dicho la conformación de la actividad urbana sobre el territorio, es una forma derivada de la organización de sus redes de infraestructuras, normalmente soportadas por sus calles; que son a la vez la más potente de sus infraestructuras: la red de transporte».

El impacto que la red de transportes genera sobre un espacio, rompiendo su aparente isotropía, ha sido la base de formulación de los primeros modelos que intentan predecir el comportamiento espacio-temporal de las ciudades (Burgess [1925], Hoyt [1939], Harris y Ullman [1945], Von Thünen [1966]). Dichos modelos definen morfologías específicas de la ciudad en función de la localización de actividades entorno al centro urbano pre-existente. Estas primeras formulaciones dejan entrever la complejidad del territorio de las redes, anisótropo en los ejes de penetración de las infraestructuras.

En España el efecto de las redes de transporte sobre la ciudad se empieza a producir a mediados del siglo XIX con la introducción del ferrocarril, aunque es en la década de 1980 cuando se experimenta la mayor explosión de la ciudad sobre su territorio. Dicho fenómeno puede observarse en la figura 1, donde se muestra el crecimiento acumulado de las 17 ciudades que forman parte de la muestra de la investigación. Véase como en el último periodo el crecimiento de la ciudad prácticamente triplica el crecimiento acumulado hasta la etapa anterior. Durante este periodo también es donde se produce una mayor dispersión del crecimiento urbano, que representa un 9% del total (este valor no tiene en cuenta los crecimientos producidos fuera del núcleo municipal, pues éstos no fueron contabilizados en este estudio).

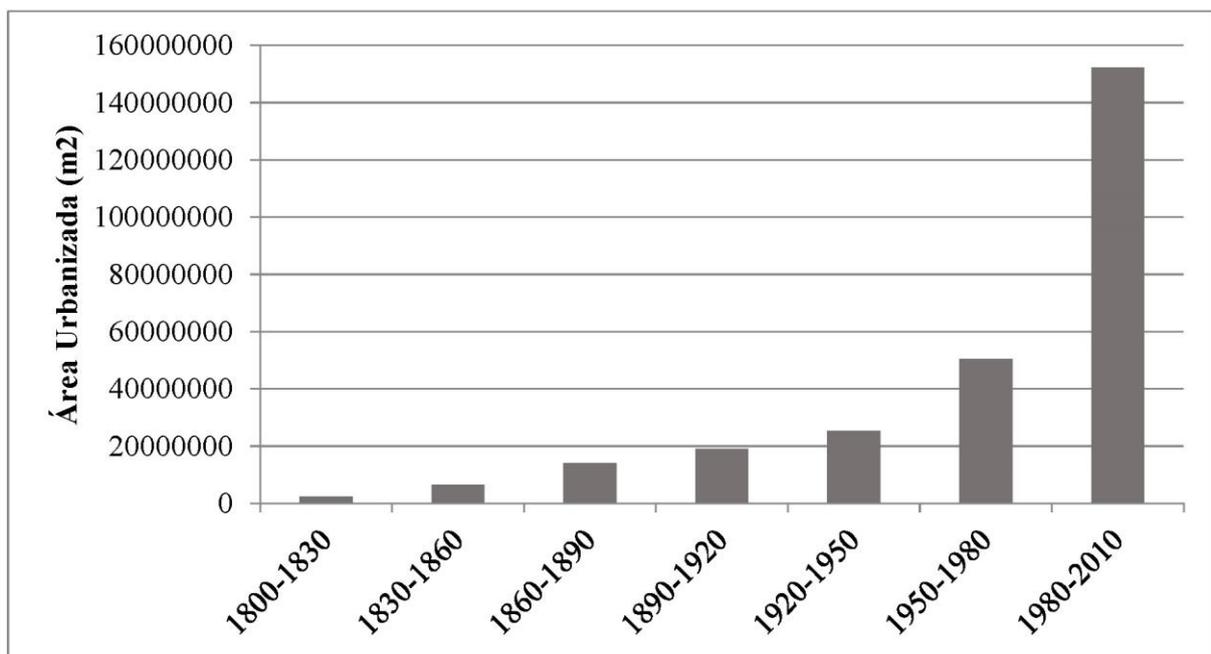


Figura 1. Crecimiento acumulado de la muestra de estudio entre 1800 hasta 2010.

El binomio infraestructura – crecimiento urbano es un hecho en el entendimiento del territorio, aunque las implicaciones sobre el mismo son diferentes dependiendo del modo de transporte. Thompson [1971] señala que si el tranvía trajo la ciudad en forma de estrella, el automóvil está suponiendo la ciudad desagregada y dispersa. En este sentido, Acosta [1969] señala que conforme el uso del automóvil se vaya extendiendo, el desarrollo urbano será más discontinuo y las edificaciones surgirán en cualquier punto que tenga un acceso más o menos fácil, con tal que el terreno sea aceptable para el uso.

A nivel de infraestructura viaria, la aportación más significativa para el estudio de crecimiento de las ciudades medias españolas es de Manuel Herce, quien publicó en 1995 su tesis doctoral donde mostraba como el alejamiento de la variante de carretera de la ciudad no ha evitado la atracción del crecimiento hacia la misma, sino que ha colaborado al estallido y dispersión del crecimiento urbano sobre el territorio. Esta investigación parte de un estudio cartográfico detallado de 24 ciudades medias españolas donde se analiza la relación transporte-uso del suelo a fin de constatar cómo la construcción de una variante de carretera afecta a la localización de actividades sobre el territorio a lo largo del tiempo.

En este trabajo Herce [1995] analiza la cuantía del crecimiento urbano en función de la posición de la variante de carretera, concluyendo que el impacto ha sido relevante en la mitad de las ciudades estudiadas, mientras que en otras el crecimiento se debe a procesos urbanísticos de otra índole. En las ciudades estudiadas constata que siempre es mayor el crecimiento entre el semi-espacio entre la ciudad y la variante que en el lado contrario. En la mayoría de los casos la variante es superada por el crecimiento urbano, aunque existen algunas ciudades donde esta ejerce de contención del mismo. Según Herce [1995] «el factor fundamental de ese desbordamiento temprano ha sido la cercanía de la variante a la ciudad». Por otro lado, Herce [1995] constata la aparición de nuevas centralidades alrededor de los accesos a la variante, donde se observa una concentración de actividades comerciales e industriales. Este fenómeno de centralidad urbana vinculado a la accesibilidad de los principales ejes infraestructurales también es analizado por Capel [2002].

En el caso del ferrocarril, «desde un punto de vista estrictamente urbano, las principales contribuciones a la relación ferrocarril – ciudad desde una perspectiva histórica en España han sido realizadas por Santos [2007] y Capel [2002, 2011]. El primero analiza setenta ciudades medias españolas, identificando las diferentes actuaciones urbanísticas centradas en el entorno de la estación y las vías. El segundo trata la importancia del ferrocarril en las ciudades y su influencia sobre otras infraestructuras y la propia distribución urbana» [Solanas et al., 2015: 256].

Además de los trabajos mencionados, la importancia del ferrocarril sobre la extensión urbana y en la creación de nuevas centralidades ha sido tratada por otros autores, como Delgado [2010], Santos [2001] o Prat [1994]. «Parece demostrado que el ferrocarril incentivó la instalación de industrias, acrecentó la atracción de población, redefinió las dinámicas urbanas induciendo nuevos ensanches y barrios en torno a las estaciones y, sobre todo, creó

nuevas centralidades en la ciudad» [Solanas et al., 2015: 256]. De la misma forma que Herce [1995] observaba en la variante de carretera, el ferrocarril también contuvo el crecimiento urbano por efecto borde de la infraestructura, «impidiendo las relaciones entre ambos lados de las vías, lo cual comportó el surgimiento de espacios de marginalidad» [Solanas et al., 2015: 256]. En este sentido, cabe mencionar el estudio de Alvarez-Palau et al. [2016], que a partir de la evolución morfológica de 25 ciudades catalanas define un modelo teórico evolutivo basado en seis etapas que caracterizan la relación entre infraestructura férrea y ciudad.

El trabajo más reciente sobre el binomio ferrocarril – ciudad es el de Solanas et al. [2015], que propone la aplicación de indicadores basados en SIG para cuantificar si la dirección que ha adoptado la expansión física de la ciudad se ha visto marcada por la localización de las estaciones. El estudio concluye que «el mayor porcentaje de crecimiento de las localidades en los primeros años después de la inauguración de la estación se concentró en los sectores directamente vinculados a la estación» [Solanas et al., 2015: 274]. Por otro lado, se observa que a partir de los años 1950s, con la masificación del uso del automóvil, se produce el estallido de la ciudad y con ello el cese del crecimiento continuo de la trama urbana, «proliferando sectores que no requerían de la accesibilidad férrea en sus relaciones de movilidad y transportes» [Solanas et al., 2015: 274].

En base a los antecedentes citados, el presente trabajo pretende demostrar que a nivel global la infraestructura viaria ejerce una mayor influencia sobre el crecimiento urbano, si bien analizando el crecimiento por etapas, puede demostrarse que el ferrocarril tiene más influencia en los años posteriores a la inauguración de las estaciones.

### 3. DATOS

El estudio que planteamos ha analizado el caso de Cataluña desde la aparición de los primeros caminos, pasando por la construcción de las primeras líneas férreas, hasta la actualidad. Para ello se ha partido de la investigación realizada por Solanas et al. [2015], de forma que la muestra de estudio es la misma que la utilizada por estos. Así, se parte de las 17 ciudades medias catalanas utilizadas para el análisis final de dicha investigación. En la tabla siguiente se muestran las informaciones más relevantes de dichos municipios:

<b>Tabla 1. Características de las Ciudades de Estudio</b>			
<b>Ciudad</b>	<b>Primera Estación</b>	<b>Población Actual (hab)</b>	<b>Provincia</b>

**Tabla 1. Características de las Ciudades de Estudio**

<b>Ciudad</b>	<b>Primera Estación</b>	<b>Población Actual (hab)</b>	<b>Provincia</b>
Balaguer	1924	13.359	Lleida
Figueres	1877	33.064	Girona
Girona	1862	74.879	Girona
Granollers	1854	33.064	Barcelona
Igualada	1893	33.049	Barcelona
Lleida	1860	112.199	Lleida
Manresa	1859	63.981	Barcelona
Mataró	1848	106.358	Barcelona
Puigcerdà	1922	7.020	Girona
Reus	1856	89.006	Tarragona
Tarragona	1856	113.129	Tarragona
Tortosa	1867	28.933	Tarragona
Tremp	1950	5.192	Lleida
Valls	1883	20.232	Tarragona
Vic	1875	32.703	Barcelona
Vilafranca del Penedès	1865	31.248	Barcelona
Vilanova i la Geltrú	1881	54.230	Barcelona

Una vez identificada la muestra se inició el trabajo de documentación alrededor de cada una de las localidades. Las fuentes de cartografía histórica utilizadas fueron las mismas que las empleadas en la investigación de Solanas et al. [2015]. Éstas partieron de diferentes ubicaciones.

Principalmente se trabajó sobre la base de mapas disponible en el Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) en el marco del proyecto CARTOCAT. En éste se encuentran digitalizadas y georreferenciadas varias colecciones de mapas antiguos. Por otra parte, el vuelo americano de 1956 ha sido también una referencia importante, dado que dispone de ortografías homogéneas de todos los municipios. Otros documentos importantes para obtener fuentes primarias fueron los libros de García [1905], Jürgens [1926] o Quirós [1991]. Finalmente, para los municipios de menor tamaño se tuvo que recurrir a la bibliografía local, disponible en bibliotecas y archivos comarcales. Solanas et al. [2015:258].

#### **4. METODOLOGÍA**

La metodología seguida para la elaboración del presente estudio puede dividirse en las siguientes etapas:

1. Hipótesis de partida.

2. Elección de la muestra.
3. Búsqueda de planos y mapas históricos.
4. Identificación del año de construcción de las carreteras del municipio.
5. Identificación del año de apertura de la primera estación del municipio.
6. Elaboración de una base de datos (SIG-H) con los crecimientos históricos de la ciudad.
7. Cálculo de los indicadores de proximidad.
8. Cuantificación de los crecimientos inducidos por la carretera y por el ferrocarril.
9. Análisis de resultados.

La hipótesis de partida este estudio es demostrar que el ferrocarril ejerce una mayor influencia sobre el crecimiento urbano de la ciudad en un determinado periodo de tiempo que se corresponde con los años posteriores a su construcción, mientras que en las siguientes etapas es la carretera quien mayor atracción ejerce sobre la ciudad.

Una vez identificada la muestra y las fuentes de cartografía histórica, se identifica el año de construcción de cada una de las carreteras que contiene el municipio. La reconstrucción de la red viaria actual se realiza a partir del siglo XVII (en aquellas localidades donde se tienen datos), analizando la transformación de antiguos caminos en carreteras y de carreteras en calles de la trama urbana actual. Por otro lado, el año de apertura de la primera estación del municipio es un dato conocido del estudio de Solanas et al. [2015].

A través de la reconstrucción histórica de las localidades que componen la muestra de estudio se crea una base de datos (SIG-H) con los crecimientos históricos de la ciudad, identificados a través de píxeles de 1Ha de superficie (100 x 100m). Para ello se siguió la metodología presentada por Álvarez-Palau et. al [2016] en la publicación «HGIS reconstrucción of the urbanisation process in major Spanish cities», donde partiendo de la base cartográfica en formato shapefile y la trama urbana de cada ciudad en forma de polígonos, se propone un método de interpolación espacial mediante la definición de píxeles regulares y que contienen como atributo el año en que la trama urbana les alcanza. Esta interpolación se realiza con la finalidad de homogeneizar la información de las bases HGIS creadas, adaptándolas a las Zonas Urbanas Morfológicas (UMZ) definidas por la Agencia Europea de Medio Ambiente. «Esta institución define este sistema de acuerdo con el proyecto Corine Land Cover, donde se han caracterizado los usos del suelo a escala europea en los años 1996, 2000 y 2006. De hecho, una de las capas de dicho trabajo coincide con nuestro propósito: Áreas Urbanas Europeas» Álvarez-Palau et al. [2016].

A cada polígono también se le atribuye un valor que permite identificar si éste forma parte de la trama urbana continua o discontinua de la ciudad. Finalmente, se obtiene la superficie actual del municipio a modo de cuadrícula, geo-referenciada, con identificación histórica de todos los crecimientos urbanos y distinción entre trama urbana continua y discontinua.

Los trazados de las carreteras y líneas férreas que componen el municipio también se incorporan a la base de datos con información del año de construcción y la ubicación geo-referenciada. En el caso de la infraestructura férrea, el año de construcción se atribuye al año de apertura de la estación.

En ambas infraestructuras, carretera y ferrocarril, el trazado permanece inmutable en la mayor parte de los casos, aunque se identifica en la base de datos aquellos en los que hubo cambios a lo largo del periodo analizado.

Una de las principales dificultades observadas en la elaboración de la base de datos de las carreteras es los niveles jerárquicos que actualmente existen en la red viaria. Sin duda, la capacidad de atracción de una carretera principal no será la misma que la de una carretera secundaria y, por tanto, es importante identificar que crecimientos fueron inducidos por cada una de ellas. Por otro lado, existen algunas carreteras que históricamente han formado parte de la ciudad y, por tanto, su influencia sobre la trama urbana es mucho mayor. Se trata de los antiguos caminos datados de la época medieval que daban acceso a la ciudad y que posteriormente sirvieron de soporte para las carreteras actuales. Otra situación es la de aquellas antiguas carreteras que con el paso del tiempo han acabado formando parte de la trama urbana de calles de la ciudad. La influencia de éstas sobre el crecimiento urbano puede distorsionar los resultados del análisis propuesto debido a su cercanía con los polígonos de crecimiento. Con el objetivo de poder discernir las diferentes tipologías de carreteras y, por tanto, facilitar la interpretación de los resultados, se crearon dos rangos para dicha infraestructura: rango 1, que se corresponde con las carreteras principales, y rango 2, que se corresponde con los caminos y carreteras secundarias.

La influencia de cada una de las infraestructuras sobre el crecimiento urbano se realiza a través de un indicador de proximidad. Para ello, se calcula la distancia a la que cada polígono de crecimiento urbano se encuentra de la infraestructura férrea y viaria. En el caso de la línea de ferrocarril, se calcula tanto la distancia a la propia línea como a la estación.

Para calcular los crecimientos inducidos por cada una de las infraestructuras se parte de los siguientes datos:

$Y_c$  = año de aparición del polígono de crecimiento urbano.

$Y_r$  = año de construcción de la carretera.

$Y_s$  = año de construcción de la estación del ferrocarril.

$d_r$  = distancia a la carretera.

$d_s$  = distancia a la estación.

road = crecimiento inducido por la carretera.

station = crecimiento inducido por el ferrocarril.

city = ciudad pre-existente.

Consideramos que el crecimiento urbano es inducido por la infraestructura que aparece antes, considerando que el ferrocarril tiene un radio de influencia de 2.000m (medido desde la estación). Así, los crecimientos que se encuentren a una distancia superior a ésta se consideran que no son debidos a la capacidad de atracción de la línea férrea. Por otro lado, aquellos crecimientos que aparecen antes de la construcción de las infraestructuras estudiadas se consideran parte de la ciudad pre-existente.

Si  $Y_r < Y_s$  y  $Y_c \geq Y_r \Rightarrow$  “road”

Si  $Y_s < Y_r$  y  $Y_c \geq Y_s \Rightarrow$  “station”

Si  $Y_r = Y_s$  i  $d_s \leq 2000 \Rightarrow$  “station”

Si  $Y_r = Y_s$  i  $d_s > 2000 \Rightarrow$  “road”

Si  $Y_c < Y_r$  y  $Y_c < Y_s \Rightarrow$  “city”

## 5. RESULTADOS

Una vez definidas las variables de estudio, se cruzaran los datos correspondientes con el año de construcción de cada una de las infraestructuras con el año de aparición de los diferentes polígonos de crecimiento urbano definidos. Primeramente se analizan los crecimientos inducidos acumulados de cada una de las infraestructuras, los cuales se muestran en la figura siguiente:

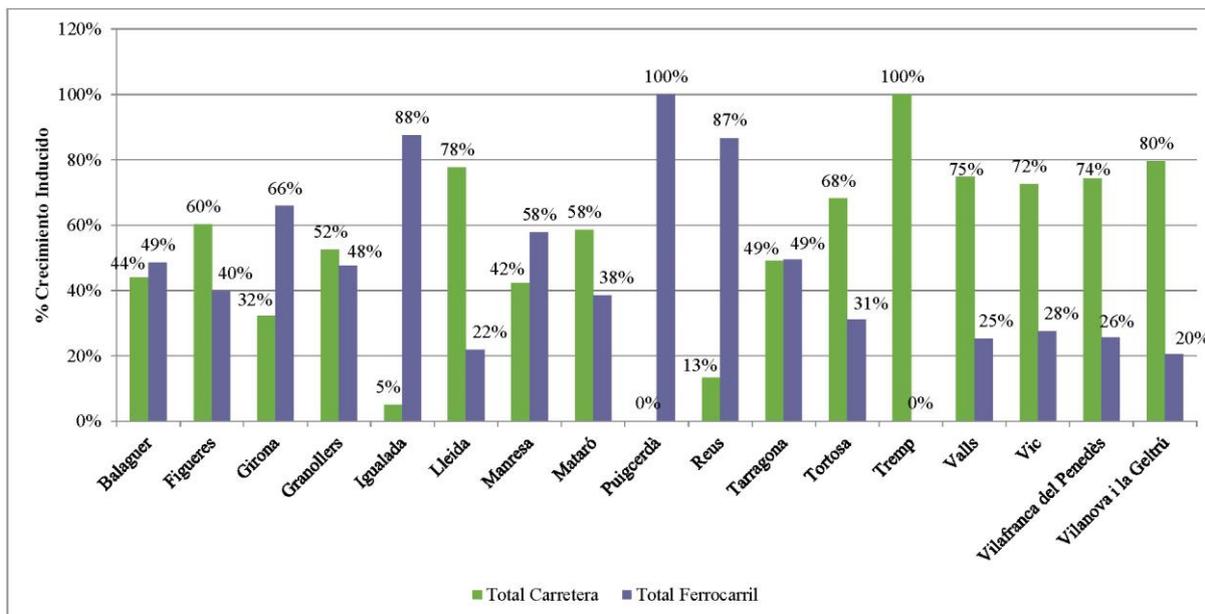


Figura 2. Crecimiento inducido acumulado por el ferrocarril y la carretera

De los crecimientos inducidos por la carretera, cabe discernir entre los debidos a las carreteras de rango 1 y los atribuidos a las carreteras de rango 2. Dicha información se muestra en la figura 3.

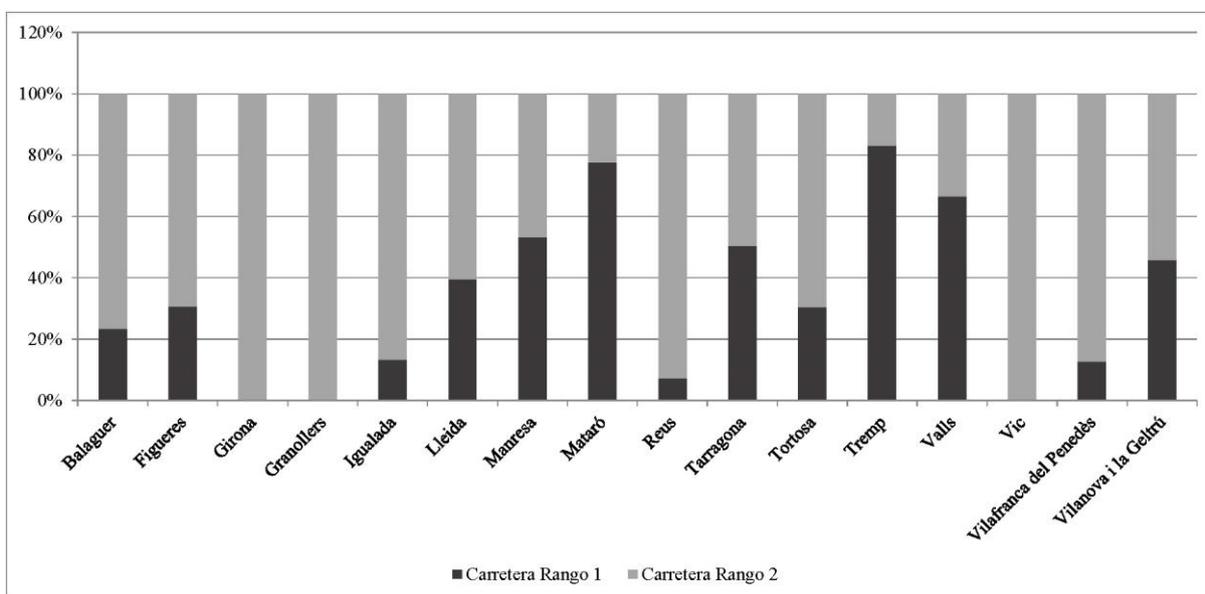


Figura 3. Crecimiento inducido por las carreteras de rango 1 y 2.

Teniendo en cuenta que para el estudio fueron considerados los caminos existentes antes de la aparición del automóvil, el comportamiento más lógico sería que las carreteras tuvieran

un peso mayor que el ferrocarril sobre el crecimiento urbano dada la antigüedad de las mismas, pero esta hipótesis no se cumple en todas las ciudades. En Girona, Igualada, Manresa, Puigcerdà y Reus la infraestructura férrea parece tener una capacidad de atracción mayor, ¿pero es este primer análisis totalmente cierto?

Para responder a esta pregunta primero cabe analizar las variables de estudio empleadas. Por un lado tenemos los crecimientos históricos y los años de construcción de cada una de las infraestructuras, y por otro la distancia de los polígonos de crecimiento a éstas. Además de estos datos, se parte de la hipótesis que el área de influencia del ferrocarril es de 2km. Este dato puede generar resultados erróneos en aquellas ciudades donde la superficie urbana construida sea menor y, por tanto, ésta quede prácticamente absorbida por el área de influencia considerada. En estos casos deberá realizarse un segundo análisis considerando radios menores para la influencia de la infraestructura férrea.

En el caso de Girona la estación fue inaugurada en el año 1862. Por aquel entonces, las únicas carreteras existentes eran la Carretera a Barcelona y el Carrer del Carme, antiguo camino de acceso a la ciudad, ambas con un trazado radial al centro histórico. La línea férrea se proyectó de forma que cruza longitudinalmente el municipio, quedando prácticamente en el punto medio de la ciudad actual. Así, la mayoría de los crecimientos producidos posteriormente a la inauguración de dicha infraestructura se encuentran a una distancia inferior de 2km de la misma y, por tanto, se atribuyen a su capacidad de atracción. En este caso parece razonable que el peso del ferrocarril sea superior al de la carretera, pues puede observarse como la trama urbana empezó a organizarse a partir de su trazado (ver publicación de Alvarez-Palau et al. [2016]).

La ciudad de Igualada aparentemente presenta una situación parecida a la de Girona, pues antes de la construcción del ferrocarril en el año 1893 sólo se tiene constancia de un camino de acceso a la ciudad y, por tanto, el área de influencia del mismo es muy restringido. Con la construcción de la línea férrea, prácticamente toda la trama urbana queda bajo el radio de influencia de 2km y, por tanto, no se atribuyen crecimientos inducidos por la carretera. En este caso, se hace otro análisis considerando radios menores, cuyos resultados se presentan más adelante.

En Manresa y en Reus no se tienen datos históricos de las etapas anteriores a la construcción del ferrocarril en el año 1859 y 1856, respectivamente, y por tanto, la mayoría del crecimiento se atribuye al ferrocarril. La diferencia entre estas dos ciudades es únicamente

el trazado del ferrocarril, pues en ambas la red más antigua de carreteras es radial al centro histórico de la ciudad. En el caso de Manresa la línea férrea cruza la ciudad envolviendo el centro histórico, de forma que el crecimiento debido a la carretera y la línea férrea está muy equilibrado. En Reus, si bien el ferrocarril tiene un trazado que parece envolver el núcleo antiguo, éste se localiza bien alejado del mismo, de forma que la mayoría de los crecimientos registrados se contabilizan bajo la influencia de esta infraestructura.

Después de este primer análisis, se procede al análisis del crecimiento urbano inducido por etapas con el objetivo de verificar si se cumple la segunda parte de la hipótesis de partida (analizando el crecimiento por etapas, puede demostrarse que el ferrocarril tiene más influencia en los años posteriores a la inauguración de las estaciones). Los resultados se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2. Crecimiento inducido por etapas de la carretera y el ferrocarril**

Ciudad	Primera Estación	Tipo de Crecimiento Inducido	1800-1830	1830-1860	1860-1890	1890-1920	1920-1950	1950-1980	1980-2010
<b>Balaguer</b>	1924	Carretera	-	-	-	100%	32%	51%	43%
		Ferrocarril	-	-	-	0%	68%	49%	57%
<b>Figueres</b>	1877	Carretera	-	-	89%	56%	59%	46%	59%
		Ferrocarril	-	-	11%	44%	41%	54%	41%
<b>Girona</b>	1862	Carretera	100%	100%	53%	12%	37%	14%	37%
		Ferrocarril	0%	0%	47%	88%	63%	86%	63%
<b>Granollers</b>	1854	Carretera	-	66%	76%	64%	50%	48%	50%
		Ferrocarril	-	34%	24%	36%	50%	52%	50%
<b>Igualada</b>	1893	Carretera	0%	-	100%	0%	0%	0%	0%
		Ferrocarril	0%	-	0%	100%	100%	100%	100%
<b>Lleida</b>	1860	Carretera	100%	62%	72%	59%	79%	74%	80%
		Ferrocarril	0%	38%	28%	41%	21%	26%	20%
<b>Manresa</b>	1859	Carretera	-	41%	44%	67%	71%	42%	36%
		Ferrocarril	-	59%	56%	33%	29%	58%	64%
<b>Mataró</b>	1848	Carretera	100%	-	42%	50%	0%	25%	78%
		Ferrocarril	0%	-	58%	50%	100%	75%	22%
<b>Puigcerdà</b>	1922	Carretera	-	-	-	-	0%	0%	0%
		Ferrocarril	-	-	-	-	100%	100%	100%
<b>Reus</b>	1856	Carretera	-	0%	3%	0%	0%	0%	20%
		Ferrocarril	-	100%	97%	100%	100%	100%	80%
<b>Tarragona</b>	1856	Carretera	-	0%	0%	0%	0%	0%	55%
		Ferrocarril	-	100%	100%	100%	100%	100%	45%
<b>Tortosa</b>	1867	Carretera	-	100%	27%	75%	70%	68%	68%
		Ferrocarril	-	0%	73%	25%	30%	32%	32%
<b>Tremp</b>	1950	Carretera	-	-	100%	-	-	-	100%

**Tabla 2. Crecimiento inducido por etapas de la carretera y el ferrocarril**

Ciudad	Primera Estación	Tipo de Crecimiento Inducido	1800-1830	1830-1860	1860-1890	1890-1920	1920-1950	1950-1980	1980-2010
		Ferrocarril	-	-	0%	-	-	-	0%
<b>Valls</b>	1883	Carretera	-	-	59%	91%	61%	76%	0%
		Ferrocarril	-	-	41%	9%	39%	24%	0%
<b>Vic</b>	1875	Carretera	-	-	85%	17%	84%	61%	74%
		Ferrocarril	-	-	15%	83%	16%	39%	26%
<b>Vilafranca del Penedès</b>	1865	Carretera	-	-	84%	-	94%	62%	73%
		Ferrocarril	-	-	16%	-	6%	38%	27%
<b>Vilanova i la Geltrú</b>	1881	Carretera	-	-	83%	90%	84%	71%	80%
		Ferrocarril	-	-	17%	10%	16%	29%	20%

En las ciudades de Lleida, Mataró, Valls y Vic se observa claramente como en los años posteriores a la apertura de la estación del ferrocarril el crecimiento urbano fue inducido por esta infraestructura mientras que en una etapa posterior hay una inversión de esta tendencia, siendo la carretera quien más poder de atracción genera sobre el crecimiento de la ciudad.

En Balaguer este comportamiento no se observa de forma tan clara, pues la estación es muy reciente, del año 1924 y, por tanto, aún no ha habido un periodo de consolidación suficientemente grande para que este proceso tenga lugar. Si bien después de la construcción de la línea férrea los crecimientos inducidos por esta infraestructura son superiores a los de la carretera, sí que se observa una tendencia de inversión en las siguientes etapas.

La ciudad de Granollers presenta unos resultados un poco diferentes, pues la inauguración del ferrocarril en el año 1854 parece no tener un peso muy grande sobre el crecimiento urbano. Tres años antes (1851) se construye la carretera BP-5002, que cruza longitudinalmente el municipio y, por tanto, los crecimientos atribuidos a las etapas posteriores de crecimiento se atribuyen a esta infraestructura por ser la más antigua. En este caso se observa como la influencia del ferrocarril aumenta 100 años más tarde a su apertura, y ello se debe simplemente a que la trama urbana acaba superando esta infraestructura y, por tanto, los crecimientos se atribuyen a ella. Para esta ciudad la metodología de investigación carece de datos para poder discernir que crecimientos pueden atribuirse a cada una de las infraestructuras.

En Tarragona se puede observar como en los años posteriores a la construcción del ferrocarril todos los crecimientos se atribuyen a esta infraestructura. En este caso, el resultado

puede estar sesgado debido a la distancia considerada para la definición del área de influencia y, por tanto, es necesario realizar un segundo estudio considerando radios menores.

De las 17 ciudades consideradas, Vilafranca del Penedès y Vilanova y la Geltrú presentan unos resultados completamente diferentes al resto. La construcción del ferrocarril parece no tener ningún efecto notable sobre el crecimiento de la ciudad, y la carretera se mantiene como la infraestructura con más peso en todas las etapas analizadas. En ambos casos, la red actual de carretera se apoya sobre la red antigua de caminos que daban acceso a la ciudad y, por tanto, la mayoría de los crecimientos identificados se atribuyen a esta.

En las tablas 3 y 4 se muestran los resultados obtenidos para las ciudades de Igualada y Tarragona en un segundo análisis del crecimiento urbano considerando radios de influencia del ferrocarril de 1000m y 750m.

**Tabla 3. Crecimiento inducido por etapas por la carretera y el ferrocarril para un radio de influencia de 1km de la línea férrea**

Ciudad	Tipo de Crecimiento Inducido	1800-1830	1830-1860	1860-1890	1890-1920	1920-1950	1950-1980	1980-2010
Igualada	Carretera	0%	-	100%	0%	0%	0%	53%
	Ferrocarril	0%	-	0%	100%	100%	100%	47%
Tarragona	Carretera	0%	20%	15%	5%	40%	82%	87%
	Ferrocarril	0%	80%	85%	95%	60%	18%	13%

**Tabla 4. Crecimiento inducido por etapas por la carretera y el ferrocarril para un radio de influencia de 750m de la línea férrea**

Ciudad	Tipo de Crecimiento Inducido	1800-1830	1830-1860	1860-1890	1890-1920	1920-1950	1950-1980	1980-2010
Igualada	Carretera	0%	-	100%	13%	0%	13%	74%
	Ferrocarril	0%	-	0%	88%	100%	87%	26%
Tarragona	Carretera	0%	37%	38%	54%	90%	97%	93%
	Ferrocarril	0%	63%	62%	46%	10%	3%	7%

Mientras que en Tarragona se observa claramente la inversión de crecimiento en los años anteriores y posteriores a la construcción del ferrocarril para radios de influencia de 1000m y 750m, en el caso de Igualada esta inversión sólo se observa para un área de influencia de 750m de radio. Si comparamos el tamaño de las ciudades empleado para la investigación, en Tarragona tenemos un área de 2.103ha mientras que el área de Igualada es de 602h; por tanto, tiene sentido considerar una radio de influencia menor.

Además de la capacidad inducida por cada una de las infraestructuras analizadas, la investigación ha puesto en relieve como la construcción de las carreteras ha contribuido en la expansión de la ciudad en el territorio, en la medida que ha permitido a los ciudadanos alejarse de los centros de trabajo y estudio manteniendo tiempos de viaje competitivos. Se observa que el 86% del crecimiento urbano discontinuo (que como vimos en el apartado de antecedentes representa el 9% del total) está inducido por esta infraestructura, hecho que constata su papel en el estallido de la ciudad. Este fenómeno forma parte de nuestras futuras líneas de investigación.

## **6. CONCLUSIONES**

El estudio realizado nos ha permitido desarrollar un método capaz de discernir entre diferentes tipos de crecimiento. Por un lado, hemos podido constatar la capacidad de atracción que las infraestructuras de transporte tienen sobre la trama urbana continua de la ciudad, y por otro, hemos cuantificado la dispersión urbana que dichas infraestructuras provocan sobre ésta.

Este método nos permite cuantificar un fenómeno que parecía evidente, pero que demostramos que sólo se produce en un periodo concreto. El ferrocarril juega un papel importante en el crecimiento de la ciudad desde su aparición hasta el periodo 1950 - 1980, que coincide con la masificación del uso del automóvil. A partir de esta época las carreteras consolidan el estallido definitivo de la ciudad y es esta infraestructura la que genera una mayor atracción sobre el crecimiento urbano, en detrimento de la infraestructura ferroviaria.

Los resultados obtenidos nos han permitido plantear otras líneas de trabajo y, por ejemplo, tenemos previsto aplicarlo para realizar predicciones del crecimiento urbano a partir de la correlación estadística entre éste y las infraestructuras.

## **7. BIBLIOGRAFÍA CITADA**

ACOSTA, R. (1968): *Condicionantes de los Planes de Urbanismo a la Circulación*, Ciencia Urbana, Barcelona.

ALVAREZ-PALAU, Eduard, Mireia Hernández y Anna Tort (2016): «Modelo morfológico de crecimiento urbano inducido por la infraestructura ferroviaria. Estudio de caso en 25 ciudades catalanas», *Scripta Nova*, 527 (XX), 38.

ALVAREZ-PALAU, Eduard, Jorge Solanas, Jordi Marti-Henneberg y M. Morillas-Torne (2016): «HGIS reconstruction of the urbanization process in major Spanish cities», ESSHC (European Social Science History Conference), 8.

BURGESS, Ernest y Robert E. PARK (1925): *The City*, University of Chicago Press, Chicago.

CAPEL, Horacio (2002): «La morfología de las ciudades», Vol. I Sociedad, Cultura y paisaje urbano, Ediciones del Serbal, Barcelona, 544.

CAPEL, Horacio (2011): *Los ferro-carriles en la ciudad. Redes técnicas y configuración del espacio urbano*, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid.

DELGADO, Carmen (2010): «Entre el puerto y la estación. La influencia de las infraestructuras de transporte en la morfología de las ciudades portuarias españolas (1848-1936)», *Scripta Nova*, 330 (XIV).

GARCIA, J. G. (1905): *Atlas general de planos de las 49 capitales de España con industrias y comercio*, Tip. Lit. J. Casamajó, Barcelona.

HARRIS, Chauncy y Edward ULLMAN (1945): «The nature of Cities», *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 242, 7-17.

HERCE, Manuel (1995): *Las formas del crecimiento urbano y las variantes de carretera*, Tesis doctoral dirigida por Joan Busquets Grau, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

HERCE, Manuel (2012): «La corriente alterna y el automóvil como factores del estallido de la ciudad», *Simposio Internacional Globalización, Innovación y Construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930 Brazilian Traction, Barcelona Traction y otros conglomerados financieros y técnicos*, Universidad de Barcelona.

HOYT, Homer (1939): *The Structure and Growth of Residential Areas in American Cities*, Federal Housing Administration, Washington DC.

JÜRGENS, Oskar (1926): *Ciudades españolas: su desarrollo y configuración urbanística*, Comisión Editorial L. Friederichsen&Co, Hamburgo.

LEWIS, David (1970): *La ciudad: problemas de diseño y estructura*, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona.

MATTOS, Carlos (2001): «Metropolización y suburbanización», *EURE*, 80 (XXVII), Santiago de Chile.

PRAT, Jordi (1994): «El sistema ferroviario en la configuración de la región de Barcelona», Papers: Regió Metropolitana de Barcelona: Territorio, Estratègies, Planejament, 16, 19-34.

QUIRÓS, Francisco (1991): Las ciudades españolas en el siglo XIX. Vistas de las ciudades españolas de Alfred Guesdon. Planos de Francisco de Coello, Editorial Ámbito, Valladolid.

SANTOS, Luis (2001): «La estación de ferrocarril como factor de dinamismo urbano: el contradictorio caso de la ciudad de Burgos», en II Congreso de Historia Ferroviaria, Aranjuez, 21.

SANTOS, L. (2007): Urbanismo y ferrocarril. La construcción del espacio ferroviario en las ciudades medias españolas, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid.

SOLANAS, Jorge, Eduard Alvarez-Palau y Jordi Martí-Henneberg (2015): «Estación ferroviaria y ciudades intermedias: lectura geo-espacial del crecimiento urbano mediante indicadores SIG vectoriales. El caso de Cataluña (1848-2010)», Geo-focus, 16, 253-280.

THOMPSON, Wilbur (1971): Un prefacio a la economía urbana, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 521p.

THÜNEN, Johann Heinrich. Von (1966): Isolated state, Pergamon Press, Oxford.